



Recherche des oscillations neutrinos sur faisceau dans le cadre du projet OPERA

G. Moret

► To cite this version:

G. Moret. Recherche des oscillations neutrinos sur faisceau dans le cadre du projet OPERA. Journees Jeunes Chercheurs 2000, Dec 2000, Saumur, France. pp.4. in2p3-00008135

HAL Id: in2p3-00008135

<https://hal.in2p3.fr/in2p3-00008135>

Submitted on 29 Jan 2001

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Recherche des oscillations neutrinos sur faisceau dans le cadre du projet OPERA

Guillaume Moret

Institut de Physique Nucléaire de Lyon - IN2P3 - CNRS

Université Claude Bernard Lyon1

43 bd du 11 novembre 1918

69622 Villeurbanne cedex

moret@ipnl.in2p3.fr

Le projet OPERA consiste en la recherche des oscillations neutrinos sur faisceau. Ce détecteur est optimisé pour l'apparition du neutrino tau. Dans cet esprit l'élément central du détecteur est une brique contenant des feuilles d'émulsions. Le premier travail a consisté à déterminer l'efficacité de trouver la brique touchée. Ensuite, nous nous sommes intéressés au trajectographe permettant cette localisation et à son système de photodétecteurs.

1 Introduction

La collaboration Super-K a publié en 1998 des résultats mettant en évidence les oscillations pour les neutrinos atmosphériques de type μ . Ces mesures ont été affinées [1] et les résultats montrent maintenant un effet à plus de 6σ . Afin de pouvoir sélectionner l'énergie des neutrinos, de contrôler le flux, une première expérience sur faisceau a débuté, il s'agit de K2K. Les premiers résultats sont compatibles avec une disparition de ν_μ [2]. Afin de confirmer cet effet et surtout de mettre en évidence le neutrino tau issu des oscillations, le faisceau CNGS (CERN \rightarrow Gran-Sasso) va être construit. Le détecteur OPERA est dédié à l'apparition du neutrino tau, contrairement à K2K qui est une expérience dédiée à la disparition des neutrinos mu.

2 Le faisceau CNGS et le projet OPERA

Le faisceau CNGS est un faisceau de ν_μ produit au CERN et dirigé vers le Gran-Sasso en Italie à 732 km. L'énergie moyenne des neutrinos est de 17 GeV. Le faisceau est prévu pour 2005. La contamination du faisceau en autres saveurs (ν_e , ν_τ , $\bar{\nu}_\mu$ et $\bar{\nu}_e$) est très faible, inférieure à quelques %.

Le détecteur OPERA (Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus) est dédié à la mise en évidence

de l'apparition de ν_τ sur le faisceau de ν_μ avec moins de un événement de bruit de fond [3].

La détection du tau, issu de l'interaction d'un ν_τ , sera faite par courant chargé et on cherchera à mettre en évidence le coude caractéristique de la désintégration de celui-ci. Lorsqu'un neutrino tau interagit dans le plomb contenu dans les briques, il crée un lepton tau. Celui-ci se désintègre en formant un coude caractéristique comme on peut le voir sur la figure 1. Les feuilles d'émulsions photographiques permettent de reconstruire les traces des particules (tau et produits de désintégration). Cette séquence plomb-émulsion est reproduite pour former des briques d'environ 10 cm de côté et 8 cm de long.

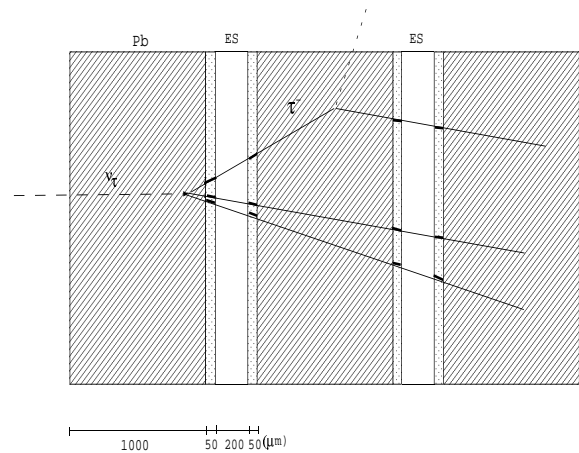


FIG. 1 – Schéma de désintégration d'un tau. On remarque le coude caractéristique.

OPERA est un détecteur modulaire de 6000 tonnes et de 24 mètres de long. Il est composé de 3 super-modules, chacun contenant un target-tracker et un spectromètre de 10 mètres de côté (figure 2).

La cible est composée de 24 plans de 3264 briques chacun et de scintillateurs. Derrière chaque mur de briques deux plans de scintillateurs donnent une information sur la position dans les directions transverses au faisceau. Chaque plan de scintillateurs est divisé en 256 barreaux traversés par une fibre WLS et lues à chaque extrémité

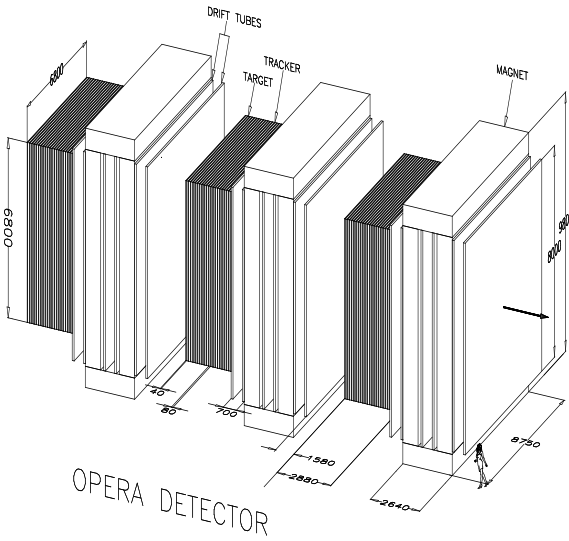


FIG. 2 – Vue d'ensemble du détecteur OPERA.

par un photodétecteur : nous avons testé les HPD.

3 Recherche de la brique touchée

La brique touchée devra être localisée pour être extraite et scannée afin de mettre en évidence la présence éventuelle d'un tau. L'efficacité de la localisation a été estimée par une simulation faite avec le code GEANT 3 [4].

Un événement neutrino se développe sur plusieurs plans. Avec les informations recueillies par les scintillateurs, il va d'abord falloir déterminer le plan touché et dans ce plan déterminer la brique touchée. Les simulations ont montré que le principal problème rencontré est celui du back-scattering. Celui-ci est important pour les événements à haute énergie (figure 3) et pour les événements profondément inélastiques.

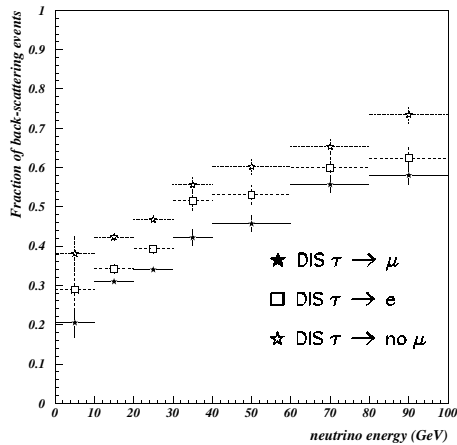


FIG. 3 – Evolution du back scattering en fonction de l'énergie des neutrinos.

Différents algorithmes ont été développés afin de localiser le bon mur. Des méthodes d'analyses séquentielles ont été testées, mais c'est l'utilisation de réseaux de neurones qui donne les meilleurs résultats. Pour l'ensemble des catégories d'événements, l'efficacité moyenne de trouver le bon mur est d'environ 90%.

Une fois que l'on a trouvé le bon mur, on doit ensuite localiser la brique touchée. Cette localisation se fait en utilisant la trace du muon pour les événements en ayant un ou en reconstruisant une pseudo-trace par des méthodes barycentriques pour les autres. On obtient ainsi une résolution sur la position transverse que l'on peut transformer en efficacité de trouver la bonne brique. Cette efficacité est d'environ 80% pour l'ensemble des événements si on se place dans une stratégie où l'on ne retire qu'une brique par événement. Si on autorise le retrait de trois briques par événement, cette efficacité peut atteindre 90%.

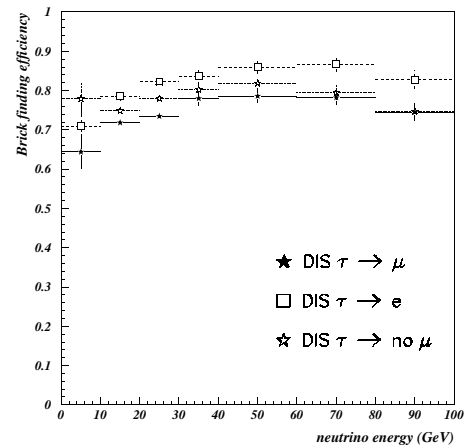
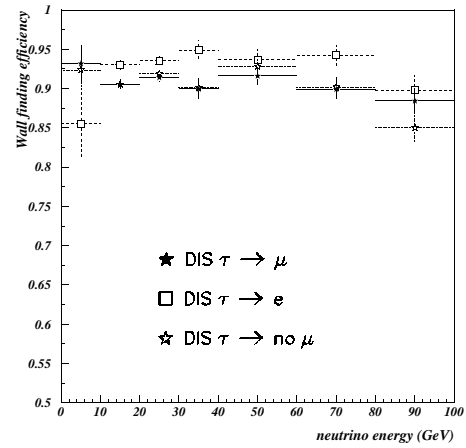


FIG. 4 – Efficacité de trouver le bon mur (diagramme du haut) et efficacité de trouver la bonne brique (diagramme du bas) en fonction de l'énergie du neutrino.

4 Caractérisation et tests de HPD

Le groupe de Lyon s'est intéressé aux développements de l'électronique de lecture et à la caractérisation des HPD (Hybrid Photo Detector) comme photodétecteurs pour lire les barreaux de scintillateurs. Ces HPD sont des photodétecteurs qui ont une très bonne résolution en photoélectrons.

Nous avons testé un HPD de 61 pixels hexagonaux de 3.5mm^2 lu par un système d'acquisition appelé VA-TA. Ce système a un faible bruit de fond et est auto déclenché, ce qui permet à l'expérience d'être sensible en permanence. Le VA-TA est composé de deux shapers, un rapide et un lent. Le shaper rapide (TA) est utilisé comme trigger pour le shaper lent (VA). Il prélève un signal à l'entrée du VA et selon sa valeur par rapport à un seuil, il décide de déclencher l'acquisition.

Ce système d'acquisition a une bonne résolution en termes de photoélectrons. Comme on peut le voir sur la figure 5, la résolution est excellente jusqu'au septième photoélectron détecté.

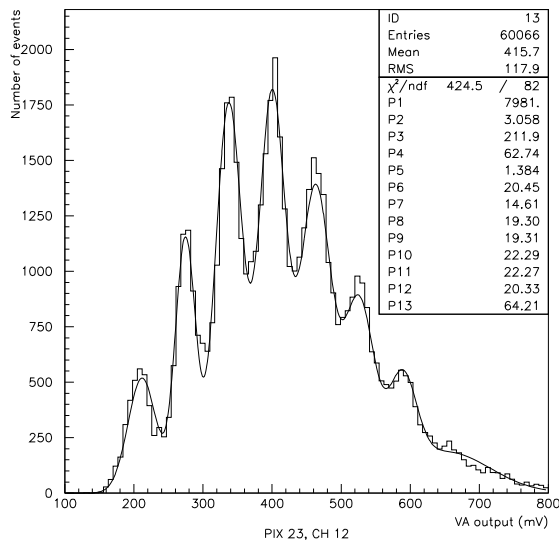


FIG. 5 – Signal de sortie du VA-TA. On distingue nettement les 7 premiers pics de photoélectrons.

Afin d'évaluer les performances de ce système en conditions réelles, des tests sur faisceau ont été réalisés au CERN. On a ainsi pu étudier l'ensemble de la chaîne de lecture auto déclenchée. Pour ces tests un module de 16 barreaux de scintillateurs plastiques a été utilisé. Ce module était perpendiculaire à un faisceau de pions et muons et les fibres WLS n'étaient lues que d'un côté (figure 6).

Durant cette étude nous avons cherché à déterminer les corrélations entre pixels (cross talk). On peut voir sur la figure 7 que ces corrélations sont inférieures à 10%. Les zones qui ont le maximum de cross talk sont celles

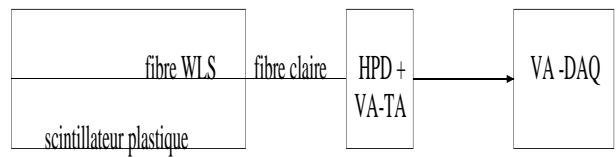


FIG. 6 – Schéma d'un barreau de scintillateur placé sur faisceau avec le système de lecture.

entourant le pixel qui déclenche et qui a le maximum de signal. Ce cross talk est principalement dû à une mauvaise adaptation du "cookie" qui amène les fibres sur le HPD.

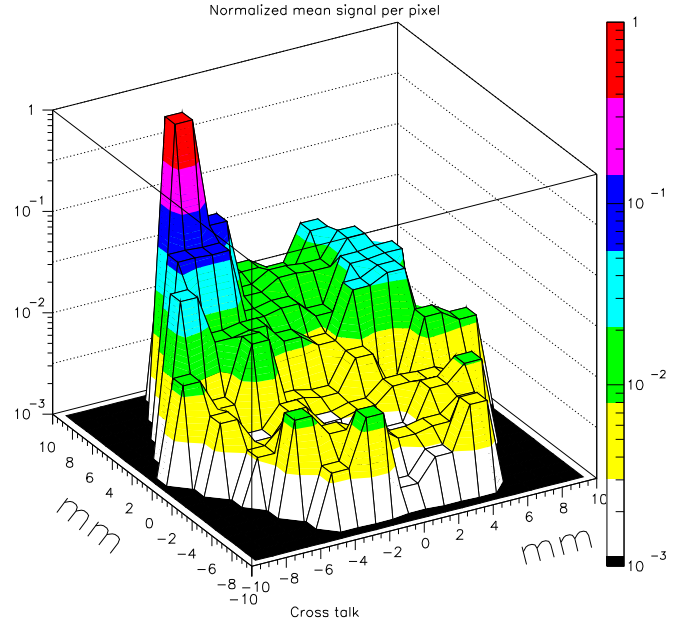


FIG. 7 – Carte du cross talk de la HPD en fonction de la position géométrique des pixels.

5 Conclusion

OPERA est une expérience d'apparition qui veut mettre en évidence des ν_τ sur un faisceau de ν_μ . Les études réalisées pour caractériser le détecteur ont montré qu'il est possible de retrouver la bonne brique touchée dans 80% des cas. Les HPD envisagés comme moyen de lecture des barreaux ont été testés en situation réelle sur faisceau. Ils ont montré une bonne résolution et un faible cross talk ($< 10\%$). Les étapes suivantes sont de tester les HPD avec des scintillateurs liquides et de tester sur faisceau plusieurs HPD en corrélation.

Remerciements

Je remercie les organisateurs et les coordinateurs pour cette semaine très intéressante et enrichissante.

Références

- [1] H. Sobel, [Super-Kamiokande Collab.], to appear in the Proc. of the XIX Int. Conf. on Neutrino Physics and Astrophysics, Sudbury, 16-22 june 2000;
Y. Fukuda et al., *Phys. Rev. Lett.* **81** (1998) 1562;
Y. Fukuda et al., *Phys. Rev. Lett.* **82** (1999) 5194.
- [2] K. Nakamura, [K2K Collab.], to appear in the Proc. of the XIX Int. Conf. on Neutrino Physics and Astrophysics, Sudbury, 16-22 june 2000;
The K2K experiment: [http : //neutrino.kek.jp/](http://neutrino.kek.jp/).
- [3] M. Guler *et al* [OPERA Collab.], "An appearance experiment to search for $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ oscillations in the CNGS beam", experimental proposal, CERN/SPSC 2000-028, SPSC/P318, LNGS P25/2000, July 10, 2000.
- [4] CERN Program Library Long Writeup W5013.